



Artes visuales aplicadas a la enseñanza de las ciencias: De cómo la práctica artística puede orientarse hacia una enseñanza científica diversificada

José Pablo Morales-Víquez
jpmorales98@hotmail.com
Universidad Nacional
Costa Rica

Gilberto Piedra-Marín
gilberto.piedra@gmail.com
Universidad Nacional
Costa Rica

Marianelly Esquivel-Alfaro
nellyesq@gmail.com
Universidad Nacional
Costa Rica

Resumen

El presente trabajo describe brevemente algunas de las actividades que se han realizado en el marco de una investigación entre artes visuales y química, cuyo proceso ha servido para identificar prácticas que se consideran relevantes e innovadoras, con potencial para su aplicación pedagógica. El objetivo de la investigación radica en identificar en estas prácticas interdisciplinarias aquellas potenciales aplicaciones para la enseñanza de las ciencias.

La metodología aplicada ha sido empírico-sistemática, donde a partir de la exploración se han sistematizado los procesos pertinentes para el ejercicio didáctico de contenidos específicos, y que a través de lo visual se exploran contenidos propios de la disciplina científica. Entre los principales hallazgos se encontró el uso de reacciones químicas desde la óptica artística, cuyo aporte tanto desde lo visual como pragmático recae en una nueva forma de explorar contenidos científicos, contribuyendo así a una enseñanza interactiva y diversificada que busca huir del hermetismo convencional.

Palabras clave: Didáctica, química, artes visuales, reactivos, interdisciplinariedad.

Tema: Educación científica, matemática y tecnológica
Principal área: Química

Morales-Víquez, J.P., Piedra-Marín, G. & Esquivel-Alfaro, M. (2019). Artes visuales aplicadas a la enseñanza de las ciencias: De cómo la práctica artística puede orientarse hacia una enseñanza científica diversificada. En Y. Morales-López (Ed.), *Memorias del I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional, Costa Rica, 2019* (e172, pp. 1-9). Heredia: Universidad Nacional. http://dx.doi.org/10.15359/cicen.1.48
ISBN: 978-9968-9661-6-0.

Abstract

The present work will briefly describe some of the activities that have been done in the framework of a research between visual arts and chemistry, which process has served to identify practices that are considered to be relevant and innovative, with potential for their pedagogical application. The objective of the research lies in identifying in these interdisciplinary practices those potential applications for science teaching.

The applied methodology is classified as empirical-systematic, in which from exploration the pertinent processes have been systematized for the didactic exercise of specific contents, and through the visual, contents that are specific to science are explored. Among the main findings it was found the use of chemical reactions from the artistic perspective, whose contribution from both the visual and pragmatic lies in a new way of exploring scientific contents, hence contributing to an interactive and diversified teaching that intents to escape conventional hermeticism.

Keywords: Didactic, chemistry, visual arts, reagents, interdisciplinarity.

Introducción

El actual documento, más que una guía, pretende ser una referencia que parte de las diferentes prácticas identificadas a lo largo de un proceso interdisciplinario entre, principalmente, química inorgánica y artes visuales, que podrían ser usadas como herramientas didácticas. Cabe destacar que el proyecto emerge dentro de un espacio con acceso a equipo y reactivos que fuera de laboratorios son de difícil acceso y en algunos casos hasta de delicada manipulación, lo que podría interpretarse como una potencial limitación para su enseñanza en espacios carentes de estos recursos. Por ello, en aquellas que sean posibles, se indicarán formas alternativas de mayor accesibilidad para realizar ejercicios equivalentes. De igual forma, se considera que el mismo aporte de documentación fotográfica sirve como herramienta pedagógica, por lo que no siempre es estrictamente necesario realizar la práctica. Queda entonces el material a disposición de quien desee usarlo y como desee adaptarlo, considerando que para la mayoría de las prácticas aquí mostradas se requieren reactivos de laboratorio.

Se abordarán contenidos relativos a disoluciones saturadas, insaturadas y sobresaturadas, ello a partir de prácticas que luego derivan en procesos de cristalización, reducción-oxidación y precipitación. Asimismo, es también posible examinar fenómenos fisiológicos a partir del color, donde se pueden abordar contenidos tanto químicos como físicos. La clave del proyecto se encuentra no en los contenidos en sí, sino en cómo se presentan tales contenidos a partir de la práctica artística y cómo ello puede facilitar no solo la comprensión de conceptos que pueden resultar abstractos en principio, sino a su vez en convertir el espacio de enseñanza en un espacio más dinámico e involucrado con disciplinas ajenas a las ciencias que pueden resultar de utilidad, tal y como la artística, contribuyendo así un aporte al saber integrado, multidisciplinario e interdisciplinario.



Los principales materiales usados son sales inorgánicas e indicadores de pH, esto acompañado del indispensable uso de un soporte que permita visibilizar la impronta de la reacción, usando en la gran mayoría de los casos el papel acuarela (libre de ácido, de pH neutro) por su capacidad de absorción, cuyo gramaje debe ser preferiblemente mayor a los 200 g/m^2. Además de evidentemente contar con recipientes para las disoluciones, es preferible disponer de pinceles de pelo suave y pipetas o goteros para la aplicación de las disoluciones sobre el soporte.

Marco teórico

El principal antecedente y referente que nos servirá como fundamento de que el vínculo entre arte y ciencia dirigido hacia la enseñanza puede dar muy buenos resultados, es un trabajo realizado por Greenberg y Patterson (2008), donde a través de una propuesta multidisciplinaria utilizan el ámbito químico y físico para entender fenómenos como el color; la herramienta artística ha funcionado para que los estudiantes comprendan con mayor eficiencia conceptos que de otra forma les resultan abstractos. De igual forma, indican Greenberg y Patterson (2008), los estudiantes comprendieron que la química podía ser divertida. Una nueva atmósfera de felicidad invadió las clases (p. 13). También señala otro importante factor, y es que este tipo de vínculo permite que los estudiantes sean más creativos en sus formas de comprender y expresar los conceptos químicos, lo que para ellas es de mayor valor que memorizar un concepto y escribirlo en una evaluación. Todo esto engloba una evidente respuesta en alternativa a la educación tradicional.

El enfoque de Greenberg y Patterson (2008) está en que para la ciencia es fundamental la destreza en la resolución de problemas, en la capacidad de encontrar multiplicidad de alternativas para tales resoluciones. Así entonces, plantean el ejercicio artístico dirigido a la ciencia —y viceversa— como un acercamiento a nuevas metodologías para la resolución de problemas, así como una potente herramienta para comenzar a despertar nuestra curiosidad para también generar preguntas, empezando por aquellos fenómenos apreciados a diario aún no comprendidos.

Kelley, Jordan y Roberts (2011) realizan un artículo donde escriben sobre los alcances de un curso que une química, matemáticas y artes. El enfoque aplicado fue interdisciplinario, investigando sobre todo aquellos aspectos fundamentales de la química y matemática que han sido aplicados a lo largo de la historia del arte, tanto desde su ejecución como restauración y conservación. Los estudiantes frecuentemente traen preconcepciones de que ciencia y matemática son objetivas mientras historia y humanidades son más subjetivas. Este curso cuestionó esta noción desde que los estudiantes fueron testigos de lo objetivo del arte y la historia del arte, y vieron que matemáticas y ciencia pueden ser vistas como investigación histórica (p. 163).

Por último, se recurre también a dos autores que no están directamente relacionados con el vínculo entre arte, ciencia y enseñanza, pero que resultan relevantes como fundamento de los conceptos químicos explorados. Por un lado está Derek McMonagle (2006), quien realiza un libro que utiliza el recurso gráfico tanto de



imágenes como de tablas y representaciones esquemáticas para explicar contenidos químicos generales. Por otro lado, está el trabajo de J. W. Mullin (2001), experto en cristales, a quien se acude como fundamento para toda la parte de cristalización.

Metodología

Desde un enfoque interdisciplinario la metodología aplicada ha sido empírico-sistemática, es decir, se ha partido de la experimentación empírica y a partir de los descubrimientos hechos se han sistematizado los procesos en bitácoras visuales que pueden ser estudiadas en relación a los contenidos allí abordados. Inicialmente, se visitaron sesiones experimentales del curso Laboratorio de Química Inorgánica con la intención de familiarizarse con los diferentes procesos químicos involucrados; una vez establecida la base teórica, se desarrollaron experimentaciones en un laboratorio de la Escuela de Química. Es importante indicar que aún no se ha desarrollado una metodología pedagógica para dar estos contenidos, pues tales contenidos no han sido implementados todavía en el ámbito de una clase. Por tanto, este documento sirve como una referencia a las prácticas con potencial aplicación pedagógica y los posibles métodos para elaborar tales prácticas.

Análisis

Teoría del color a través de indicadores de pH

Los indicadores de pH son sustancias cuyo color varía según se aplique en soluciones ácidas o básicas. Una solución ácida tiene un pH menor a 7, mientras una alcalina mayor a 7, siendo el pH 7 una solución neutra (McMonagle, 2006). El primer concepto que se examinará es el de acidez y basicidad, para lo cual se usarán indicadores de pH y disoluciones ácidas y básicas. Al tratarse de aplicación sobre papel, debe optarse por usar bases y ácidos diluidos, ya que de lo contrario podrían atacarlo. Materiales de fácil acceso para esta práctica son el vinagre (como ácido), soda cáustica (como base) y repollo morado (como sustancia indicadora alternativa), que al hervirse sus hojas sueltan un pigmento violeta que es el que funciona para llevar a cabo la tarea (Araya, 2012). Su viraje de pH es amplio, por lo que si se utilizan variadas bases y ácidos se obtendrán múltiples colores.



Figura 1. Prueba de 12 indicadores de pH en disolución ácida y básica, respectivamente, aplicados con un gotero sobre papel.

La figura 1 permite ver dos ventajas inmediatas del uso de papel: al ser blanco, genera un fondo limpio que permite apreciar sin distracción los colores, y se puede observar que algunas manchas se expanden en el papel. Esto último revelará si se usó algún tipo de disolvente ajeno al agua para disolver el indicador, siendo el más común el uso del etanol. Cuando el etanol entra en contacto con el papel este lo absorbe inmediatamente, y por ello la mancha se expande. Si el gramaje del papel no es muy alto, como es el caso (no se utilizó papel acuarela), este se ondula donde hay presencia de etanol, lo que nos ayudará a identificarle cuando el indicador o medio sea incoloro (o bien no hay un pH lo suficientemente alto o bajo para activarse), como sucede con el azul de tetranol. Ahora bien, con respecto a teoría del color, se entra en un campo interesante para el que los indicadores funcionan de gran forma.

Generalmente, cuando se estudia teoría del color se sigue la lógica del círculo cromático, donde mezclas primarias nos dan como resultado colores secundarios: rojo + azul = violeta, rojo + amarillo = naranja, amarillo + azul = verde. Siendo así, ¿cómo se podría explicar que un indicador incoloro, como la fenolftaleína, pase a verse magenta al entrar en contacto con otra disolución incolora como el NaOH? La molécula de fenolftaleína es incolora, pero al agregársele una base la fenolftaleína pierde iones H+, siendo el anión derivado el de apariencia magenta (McMonagle). Este cambio estructural afecta la longitud de onda, y ahora este anión pasa de no percibirse a tener dos longitudes de onda visibles: una entre 390-455 nm y otra entre 622-780 nm, llegando a nuestros ojos el color extra-espectral magenta (Hedges, 2014).

Una actividad que surge a partir de lo anteriormente discutido es que el estudiante tome diferentes sustancias ácidas y alcalinas disueltas y las aplique sobre un papel. Con uno o más indicadores agregará gotas a lo largo del mismo, y, a partir de qué color revele el indicador, deberá identificar dónde hay sustancias básicas o ácidas, además de explicar si el cambio de color se debió a un cambio estructural o una simple mezcla de pigmentos.

Sales inorgánicas aplicadas sobre papel

Disolución insaturada, saturada y sobresaturada

En este apartado se evaluará el uso de sales inorgánicas tales como: $KMnO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, $Co(CH_3COO)_2$, $KCr(SO_4)_2$, K_2CrO_4, $K_2Cr_2O_7$ y $CuSO_4$. Se utilizarán para distintas aplicaciones, donde se examinarán los conceptos de solución insaturada, saturada y sobresaturada, así como reducción-oxidación, equilibrio ácido-base, precipitación y cristalización.

Cuando se habla de una solución insaturada se hace referencia a una disolución donde hay menos soluto del que el solvente es capaz de disolver. Saturada se refiere a una disolución que tiene la máxima cantidad de soluto que el solvente puede disolver, mientras sobresaturada se refiere a una situación metaestable en la que un disolvente contiene una mayor cantidad de soluto del que puede disolver, que es la que se utiliza, principalmente, para cristalización y precipitación. A nivel teórico, los conceptos de solución insaturada, saturada y sobresaturada resultan muchas veces abstractos de comprender a primera entrada, por lo que un buen ejercicio es emplear un soluto que cristalice fácilmente, como el



$CuSO_4$, preparando una disolución con agua. A una temperatura de 20° C, el $CuSO_4$ forma una disolución saturada con 20.7 g / 100 ml, mientras que a 90° C (para evitar llegar a punto de ebullición) la disolución saturada contiene 70 g / 100 ml, lo que es decir, está sobresaturada cuando se regresa a temperatura ambiente. Una ventaja de esta práctica es que, al aplicarse con una pipeta, se necesita preparar muy poca disolución, por lo que con 10ml y 7 g de $CuSO_4$ habrá más que suficiente disolución para el uso de varias personas.

Lo primero que se debe hacer es preparar una disolución insaturada, así que se agrega cualquier cantidad que no se acerque al punto de saturación. En este punto se añade una gota sobre el papel y se indica la cantidad de gramos de soluto en relación a la de mililitros de disolvente que se ha usado. Luego se adiciona el faltante de soluto para llegar a una solución saturada y se hará lo mismo. Por último, se sobresatura la solución utilizando todo el soluto restante. Se obtendrán tres muestras que nos revelan lo siguiente: si la mancha es sutil, sin mayor textura, es una disolución insaturada; si la mancha es texturada y tiene ciertas partículas de sal claramente visibles, es saturada; y, si hay presencia de cristales, se sabrá que es sobresaturada. Esto último es muy útil para el crecimiento de cristales, ya que algunas veces para sobresaturar la solución los estudiantes prefieren hacerlo empíricamente (suben la temperatura del agua y añaden soluto hasta que este no se disuelva más), pero esto no siempre garantiza el crecimiento de cristales. Al aplicar la gota sobre el papel y esperar apenas unos minutos, ya se podrá saber si se obtendrán o no cristales, pues al ser tan poca solución el proceso es más rápido que en un beaker.

Es comprensible que a pesar de ciertas ventajas presentadas sobre este tipo de prácticas sobre papel pueda aún haber cierta resistencia o escepticismo a si realmente es tan práctico, o habrá quien siga prefiriendo hacer los ejemplos en un beaker o tubo de ensayo. Por esta razón, se considera de importancia mencionar que otra ventaja de realizar estas prácticas así es que permite al estudiante llevarse las muestras y armar una bitácora donde pueda mostrar físicamente los contenidos, siendo esta graficación física un estímulo en sí mismo.

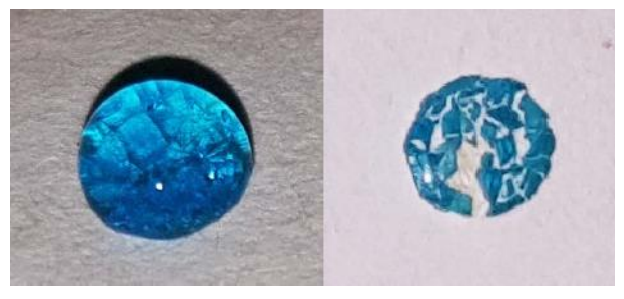


Figura 2. Aplicación de una solución sobresaturada con una pipeta sobre papel, que evidencia su sobresaturación a través un rápido crecimiento de cristales.

Cristalización y precipitación sobre papel

Adentrándonos más en el ámbito de la práctica artística, se puede realizar un ejercicio de un carácter más pictórico que nos ayudará a comprender las mezclas de sales. Previo al ejercicio pictórico, es bueno hacer un ensayo similar a los que se han venido mostrando, para así ilustrar qué se puede esperar (tanto química como visualmente) del ejercicio último

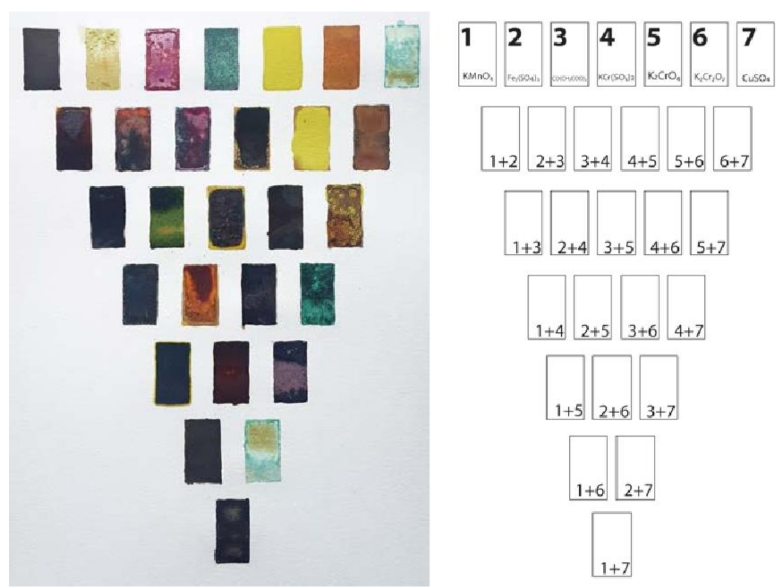


a realizar. A modo de cristalizar y precipitar, todas las sales acá aplicadas están sobresaturadas, por lo que este ejercicio puede realizarse luego de ejecutar el anterior.

La lectura del diagrama se realiza en diagonal, tanto hacia la derecha como izquierda (menos en los extremos, donde solo hay una dirección posible). Si se sigue con la vista en dirección descendente cualquiera de los cuadros de la primera columna (donde están las sales sin mezclar, indicadas con un número), se sabrá que ahí está presente esa sal seguida más aquella con la que se interseca, como se indica en la figura 4.

Este diagrama se ideó con la intención de mezclar sales y saber cómo reaccionan, por lo que es indiferente si se añade o quita una sal en la primera columna, siempre se conservará el orden, por lo que se puede realizar la cantidad de pruebas deseada sin ninguna alteración estructural. Lo que este diagrama permite es saber cómo reaccionan las sales mezcladas entre sí, a modo de ilustrar cuáles de ellas generan un precipitado, otros tipos de cristalización, o tanto un precipitado como cristalización. Asimismo, sirve para estudiar reacciones de equilibrio ácido-base, tales como mezclar NaOH con $K_2Cr_2O_7$, lo que produciría la conversión del $K_2Cr_2O_7$ a K_2CrO_4. Se obtendrá entonces una bitácora de muestras conservable, algo así como "poseer" reacciones, lo que no es posible si se hace en un beaker. Además, resulta muy práctico tener todas las reacciones a disposición en un pequeño espacio, espacio mismo donde se pueden realizar apuntes.

Para realizar esta y la siguiente práctica se necesita, aparte de una pipeta o gotero, un pincel. Se realiza un rectángulo cuyas medidas pueden variar según qué tan grandes se quieran las muestras, empero, se recomienda que sea pequeño para que el solvente se evapore más rápido. Para evitar que se salga la solución del rectángulo cuando se añade más de una solución, lo que se hace es aplicar con el pincel, sobre el área del rectángulo, una de las dos disoluciones a mezclar. Al añadirse la segunda solución, esta no se aplica con el pincel, sino con el gotero, y, como esta gota cae sobre una superficie ya empapada, la misma solo se dispersará donde esté húmedo, evitando así cualquier desborde de solución.



Figuras 3 y 4. Diagrama pictórico y gráfico representativo. Las sales indicadas del 1 al 7 están en el mismo orden que aparecen al principio de este apartado.

Para la parte pictórica la lógica es la misma que la anterior en términos de cómo aplicar las sales para evitar derrames. En este caso, se verá una muestra pictórica hecha únicamente con dos sales: $K_2Cr_2O_7$ y $CuSO_4$.



Figura 5. Proceso de cristalización de una aplicación pictórica de una mezcla de $CuSO_4$ y $K_2Cr_2O_7$.

Siguiendo el anterior ejemplo, se puede empezar a aplicar más sales y ver qué tipo de cristalizaciones, reducciones, oxidaciones o precipitaciones se llega a observar en las pinturas, lo que es un interesante ejercicio de comprensión y revisión de contenidos a partir de una práctica dinámica y visualmente llamativa.

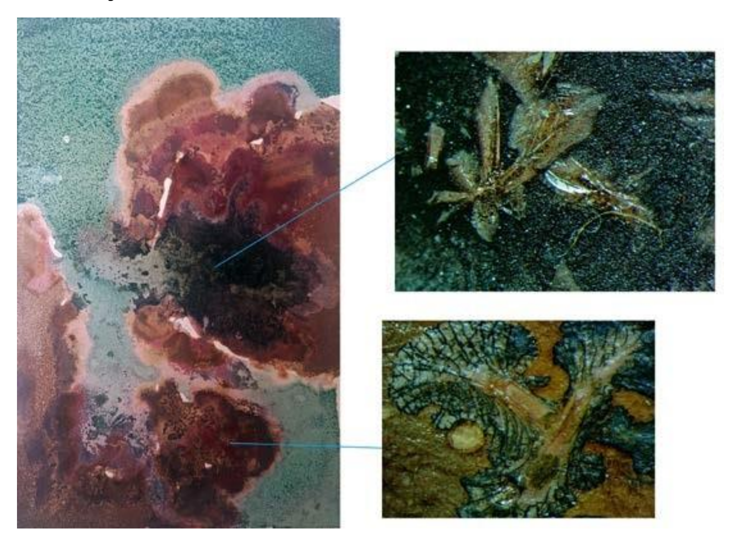


Figura 6. Muestra pictórica a partir de la mezcla de $Co(CH_3COO)_2$ y $KCr(SO_4)_2$, adjunto de dos imágenes hechas con un microscopio estereoscópico.

La mezcla anterior produce tanto precipitados como cristales (un precipitado surge de la reacción entre dos sustancias, en tanto el cristal se genera a partir de la saturación de la disolución), que se puede visualizar claramente con el uso de un microscopio estereoscópico. Si se hacen las pinturas de un tamaño menor a, aproximadamente, 15 x 20 cm, se podrá fácilmente verlas a detalle en un microscopio, lo que servirá para un análisis a mayor profundidad de las reacciones realizadas. Como resulta evidente que contar con este equipo es complejo, se planteó la posibilidad de abrir un portal digital donde su suban las fotografías de las pinturas con sus respectivas vistas microscópicas, para que se les pueda así dar un uso pedagógico sobre todo en los casos donde los recursos son más limitados.

Conclusiones

De lo más relevante que se puede concluir es que estas prácticas sirven para tres aspectos claves: documentación, comprensión práctico-conceptual y dinamización de la enseñanza científica. La dinamización de los procesos de aprendizaje es un aspecto clave para que el estudiante despierte interés, así como permite la comprensión de aquellos conceptos que con frecuencia resultan abstractos.

La aplicación sobre papel no solo permite un aprendizaje más interactivo, sino que presenta ventajas que se han examinado a lo largo del documento, tales como un fondo limpio para ver y documentar las pruebas, así como el factor de poder conservar el papel como una bitácora con las reacciones físicas que se están estudiando. Se refiere, por tanto, a ejercicios prácticos tanto para explorar contenidos como para luego documentarlos y aplicarlos según necesidad.

Esto, de momento, es solo una propuesta experimental, por lo que se está a la espera de ver los posibles resultados que podría haber a partir de su implementación, tanto si se trata de las prácticas en sí como de su aporte gráfico en el caso de no poder ser efectuadas, pues el aporte de este proyecto es también la documentación que se ha hecho del mismo para su uso didáctico. Así, se concluye que el ejercicio artístico de aplicación visual de los contenidos es un potente estímulo para explorar, enseñar y aplicar el conocimiento científico.

Referencias

Araya, Y. (2012) Cambio de Color en Alimentos. En Ciencia con Alimentos: Manual de Experimentos (pp. 26-31). Universidad de Costa Rica. Recuperado de http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/9038

Greenberg, B. R. y Patterson, D. (2008) Art in Chemistry. Chemistry in Art. Londres, Inglaterra: Library of Congress.

Hedges, J. (2014) The Color Magenta: Extra Spectral Magic. Recuperado de: https://www.joehedges.com/2014/02/the-color-magenta-extra-spectral-magic/

Kelley, C., Jordan, A. y Roberts, C. (2011) Finding the Science in Art. An interdisciplinary course linking Art, Math and Chemistry. Jornal of College Science Teaching. Vol. 31, No. 3, (pp. 162-166). Recuperado de: https://www.jstor.org/stable/42992216

McMonagle, D. (2006) Chemistry. An illustrated guide to science. Nueva York, Estados Unidos: Chelsea House.

Mullin, J. W. (2001) Crystallization, Londres, Inglaterra: Reed Educational and Professional Publishing Ltd.



